

알루미늄 커튼월의 결로 발생원인과 대처방안

글 | 김영호 기술개발부 과장 02-3433-7705 이메일 | sskimyh@ssyenc.com
글 | 김상훈 기술개발부 대리 02-3433-7712 이메일 | madmax91@ssyenc.com

커튼월 또는 창호의 소재로 알루미늄이 사용되기 이전에는 주로 철재가 사용되었으나, 이제 알루미늄은 커튼월의 소재로서 빼 놓을 수 없는 재질이 되고 있다. 이러한 이유는 알루미늄이 경량이면서도 어느 정도 구조성을 보유하고 있으며, 부식이 되지 않고 도장의 발달로 인해 색상 표현이 자유로운 점 등 건물 외장재인 커튼월의 소재로 적합한 특성을 가지고 있기 때문이다.



1 서론

커튼월 또는 창호의 소재로 알루미늄이 사용되기 이전에는 주로 철재가 사용되었으나, 이제 알루미늄은 커튼월의 소재로서 빼 놓을 수 없는 재질이 되고 있다. 이러한 이유는 알루미늄이 경량이면서도 어느 정도 구조성을 보유하고 있으며, 부식이 되지 않고 도장의 발달로 인해 색상 표현이 자유로운 점 등 건물 외장재인 커튼월의 소재로 적합한 특성을 가지고 있기 때문이다. 그러나 이러한 장점을 가진 커튼월이라도 결로로 인한 문제가 빈번히 발생하고 있으며, 본 고에서는 이러한 알루미늄 커튼월의 결로발생 현황을 통한 원인을 분석하고 그 대책에 대해 간략히 소개한다.

2 커튼월의 종류

2-1. 제작방법에 의한 분류

1) Custom Type Wall

주문에 의해 설계, 제작되며 건물의 외관이나 주문자의 요구에 따라 커튼월이 특별한 Design을 갖게 된다. 이와 같이 새로운 형태의 제품이기 때문에 구조, 수밀, 기밀, 단열, 흡음 등 세부적인 사항들을 검토 하거나 실험을 통하여 소요 성능을 확인할 필요가 있다.

2) Standard Type Wall

제조업자가 표준화된 커튼월 Type Design을 보유하고 있어 건축가가 그 Design을 특정한 건물에 적용시키는 방법으로 대체로 수밀, 기밀, 단열 등 소요 성능에 대한 확신을 가질 수 있다. 이는 여러 건물에 적용하여 이미 그 성능을 검증한 Design들이기 때문이다. 그러나 아쉽게도 국내에는 이러한 Standard Type Wall에 대한 인식이 희박하며 성능이 확인된 좋은 제품이 아직 많지 않으므로 커튼월 사용이

일반화 되어감에 따라 중, 저층 건물을 중심으로 점차 Standard Type Wall의 사용빈도가 높아질 것으로 예상된다.

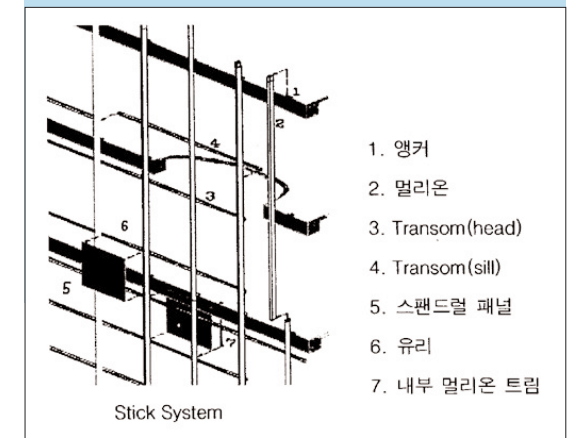
2-2. 설치방법에 의한 분류

설치 방법에 따라 Stick System, Unit System, Unit and Mullion System, Panel System, Column Cover and Spandrel System 등 5가지로 분류하고 있으나 주로 Stick System과 Unit System으로 대별된다.

1) Stick System

커튼월의 각 구성부재를 현장에서 하나씩 조립해 설치하는 방법으로 ① Mullion ② Horizontal Rail ③ Panel ④ Glass 순으로 시공된다. 일찍부터 발전된 System으로 아직도 중저층 건물에 많이 사용되고 있는 시스템이다.

■ 그림 2-1. Stick System

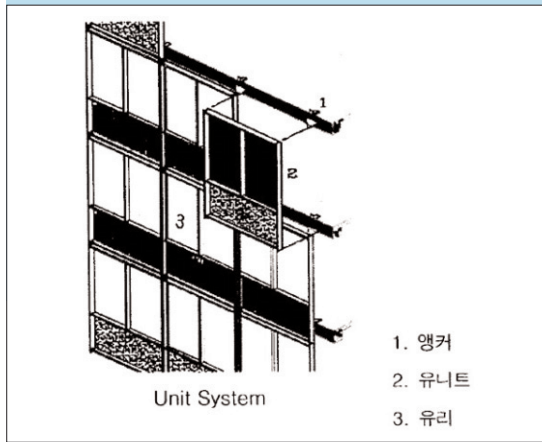


2) Unit System

커튼월의 각 구성 부재를 공장에서 사전조립한 후 하나의 대형 패널처럼 형성하여 현장에 운반, 시공하는 방법으로 Panel, Glass까지 공장에서 취급할 수 있다. 모든 조립 작업이 공장에서 이루어지므로 커튼월 품질의 향상을 도모할 수 있으며 고층 건물에 적합한 여러가지 장점이 있다.

특히 건물의 이동하중에 의한 층간 수직변위 대응능력이 Stick System에 비하여 뛰어난 장점이 있으며, 최근 국내 또는 미국 지역의 고층 건물에서는 대부분 이 공법을 사용한다.

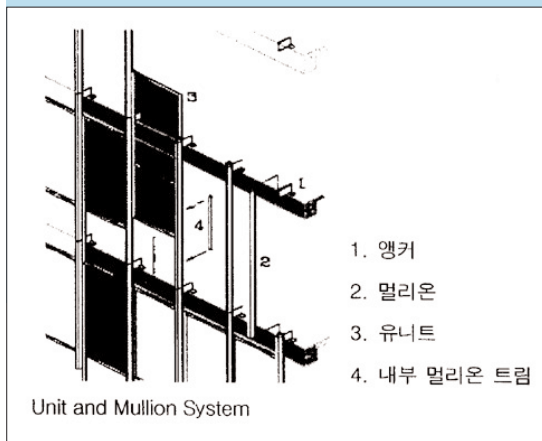
■ 그림 2-2. Unit System



3) Unit and Mullion System

Stick System과 Unit System의 응용 시스템으로 Mullion을 먼저 슬래브 사이에 고정된 Pre-Assembled Unit을 Mullion사이에 조립하는 방식이다.

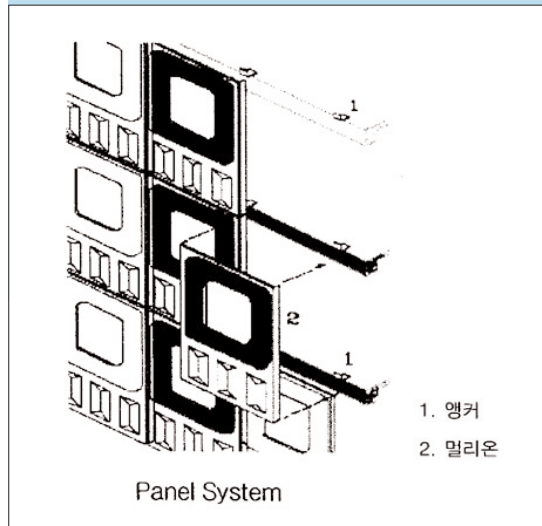
■ 그림 2-3. Unit and Mullion System



4) Panel System

Alum, Sheet 또는 Alum, Casting을 이용하여 Panel을 만들어서 현장에 설치하는 것으로 구성부재를 Sheet, Casting등 단일재로 형성한다는 것이 Unit System과는 다르다. 국내에서는 거의 사용실례가 없으나 Pre-Casted Conc. Panel을 Panel System의 일종으로 볼 수 있다.

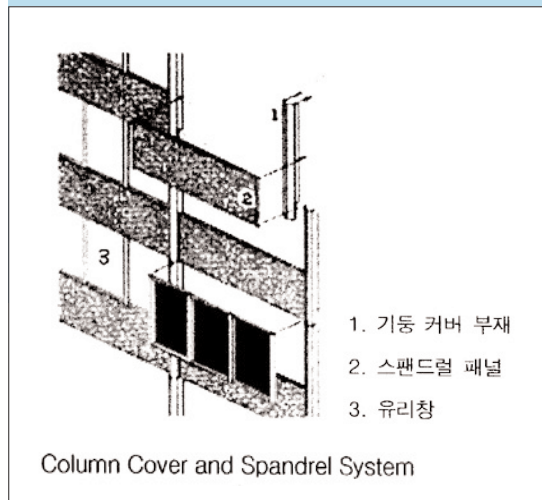
■ 그림 2-4. Panel System



5) Column Cover and Spandrel System

역시 국내에서는 잘 사용되지 않고 있으나 미국에서는 근간 빈번히 사용되고 있는 System중의 하나이다. Column Cover가 강조된 건물 외관을 살리고자 할 때 이용될 수 있으며 ①Column Cover ②Spandrel Panel ③Window Unit의 순으로 시공된다. 석재와 Punched Window로 이루어진 최근의 건물 외벽이 주로 Column Cover and Spandrel System Wall이다.

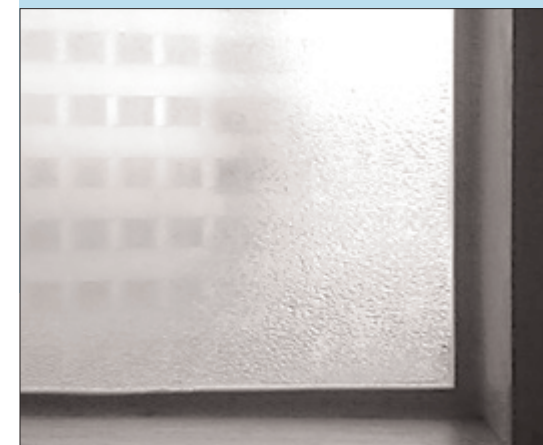
■ 그림 2-5. Column Cover and Spandrel System



3 커튼월에 있어 결로발생 현황 및 원인

알루미늄 커튼월에 발생하는 결로는 크게 ① 커튼월 유리면 결로와 ② 알루미늄 바 결로로 나눌 수 있다. 각각을 살펴 보면 다음과 같다.

■ 그림 3-1. 실제 시공된 상태에서 유리면 결로



■ 그림 3-2. Mock-Up Test 중 유리면 결로 발생



3-1. 유리면 결로

일반적으로 알루미늄 커튼월은 외장재 자체로 많이 쓰이고 있으므로 외부에 바로 접하고 있다. 이로 말미암아 유리면에 직접적으로 결로가 발생하는 일이 많다.

이와 같은 유리면의 결로는 복층 유리의 간봉의 재질과

시공에의 문제점을 가지고 있다. 일반적으로 시공하기 전에 충분한 Mock-Up Test를 가지지만, Test에서도 유리의 간봉 및 재질에 따라서 <그림 3-2>와 같이 결로가 발생하기도 한다. 이것은 커튼월 시스템의 문제가 아니라 유리 자체의 문제이다.

3-2. 알루미늄 바의 결로

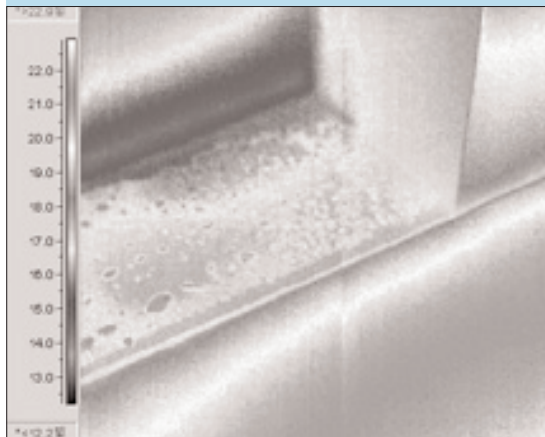
Mock-Up Test나 일반적인 설계도서에서의 검토 사항 시 알루미늄바에서는 결로현상이 거의 나타나지 않는 것으로 판단된다. 단지 단열바의 부실이나 전체적인 시공의 정확성 부재일 경우 발생하고 있다.

■ 그림 3-3. 알루미늄 바의 결로

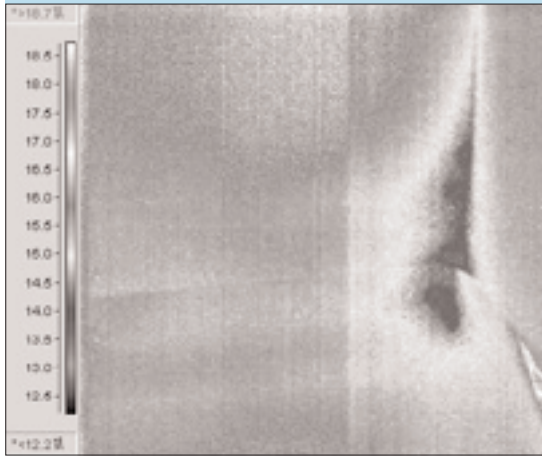


이러한 알루미늄바에서의 결로 현상의 원인은 여러가지로 판단될 수 있으나, 콘크리트 구체에서의 열전도 현상

■ 그림 3-3. 알루미늄바의 열영상



■ 그림 3-4. 알루미늄바의 열영상



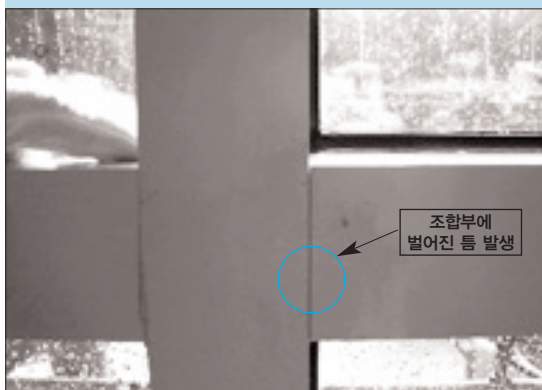
처럼 Heat Bridge현상이 열영상에 확실히 나타나지 않기 때문에 정확히 어떤 부위에서의 열교현상이 일어나는지 찾아내기가 매우 어렵다.

위<그림 3-3>과 <그림 3-4>에서 보드시피, 일반 콘크리트 구체에서는 취약부분의 열영상이 나타나는 반면 알루미늄에서는 열전도율이 워낙 높기 때문에 열영상으로는 시공이 잘 되지 않는 부분이나 불량 부분을 찾아내기가 힘들다.

3-3. 시공불량으로 인한 결로 발생

<그림 3-5>와 같이 수직, 수평재의 조립부분이 벌어져서 틈이 발생하면 실내 미관을 해칠 뿐 아니라 누수의 원인이 되며, 결국에는 실내외부의 열교환이 이루어져서 결로발생의 원인이 될 수 있다.

■ 그림 3-5. 조립부 시공불량



4 커튼월의 결로 방지 대책

4-1. 유리결로 방지대책

1) 복층유리의 사용

단판 유리의 열전도율은 0.65kcal/mh²°C로서 공기보다 30배 이상 높으므로, 두장의 판유리 사이의 일정한 간격을 두고 건조 공기층 형성한 복층유리를 사용하여 열관류율을 줄여서 결로를 방지할 수 있다.

단판유리의 열전도율은 0.65kcal/mh²°C이며, 복층유리의 열관류율은 단판의 50% 수준이다.

■ 표 4-1. 각종 유리에 관한 실내온도 분포
(외기온도 -15°C, 실내온도 25°C, 풍속은 6.7m/sec일때)

유리종류	실내유리표면온도
단판유리	-4.6°C
복층유리(6mm+12A+6mm)	11.1°C
삼복층유리(6mm+6A+6mm+6A+6mm)	13.8°C
삼복층유리(6mm+12A+6mm+12A+6mm)	15.8°C

2) 로이복층유리의 사용

보통 복층유리는 열의 직접 전도를 막을 수는 있지만 적

외선 상태의 열에너지는 차단시키지 못하기 때문에 적외선 차단성이 큰 은(Ag)막과 산화방지 및 투시성을 증진시키기 위한 산화주석(SnO₂)막을 판유리에 코팅한 로이복층유리를 사용하는 방법도 있다. 로이복층유리는 단판영역의 태양 복사열이나 가시광선의 투과율은 거의 유사하나 장파장 영역의 빛은 모두 반사하기 때문에 반사율이 대폭 감소된다. 외기온도 -15°C, 실내온도 25°C의 조건에서 Test한 결과 내부 유리 표면온도가 16.2°C까지 상승하였다. 이것은 일반 복층유리보다 결로발생 습도는 58%까지 억제하는 효과가 있다.

3) 봉입가스의 사용

복층유리의 열전달은 유리면 사이의 공간에서 가스의 열전도에 의해서도 발생한다. 따라서 복사에너지는 로이 코팅에 의해서 차단이 가능하며 가스에 의한 열전달은 열 전도가 작은 기체를 복층유리에 봉입하여 감소시킬 수 있다. 효율성 측면에서 아르곤(Ar)가스가 고급 복층유리의 봉입가스로 이용되고 있다. 외기온도 -15°C, 실내온도 25°C의 조건에서 시험결과 6mm+12Ar+6mm의 복층 유리구조의 내부

유리 표면온도는 17.8℃까지 상승하였다. 일반적인 복층유리보다 결로발생 습도는 64.4%까지 억제하는 효과가 있다.

4) Warm Edge 기술의 적용

복층유리의 단열성 및 이슬점에 대한 특성값은 간봉을 무시하고 계산하므로, 실제로 제작된 제품에서는 간봉에서의 직접전도의 영향을 받아 모서리 부분에서의 수분이 응축하거나 전체적인 열관류율 값이 상승하게 된다. 따라서, 기존의 박스형 알루미늄 간봉보다 단열성이 우수한 재료로 대체하여 모서리 부위에서의 열손실을 최소화시킬 수 있다.

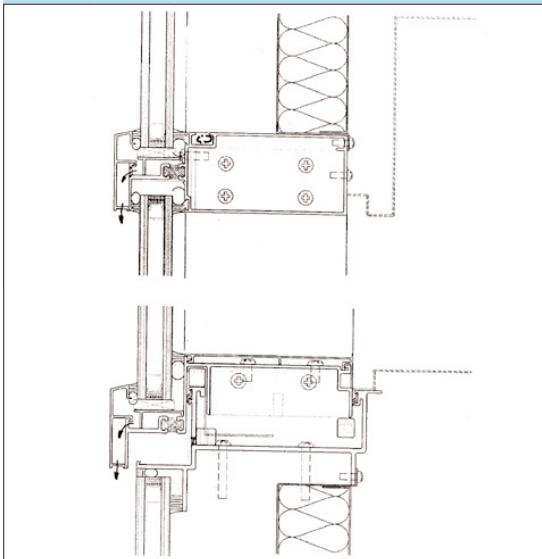
간봉재료로는 특수 유리섬유가 35% 함유된 FRP를 사용하는 것이 바람직하다. 외기온도 -5℃, 실내온도 20℃의 조건에서 시험결과 알루미늄 간봉을 사용한 것보다 Edge의 실내측 표면온도를 2℃가량 올릴 수 있는 것으로 알려져 있다. 모서리 부위의 유리 표면온도가 5~10% 향상되고, 열관류율값도 로이유리를 적용한 경우보다 약 12%가량 절감할 수 있다.

4-2. 알루미늄바 결로수 배수 방지 대책

1) 알루미늄바 내부 결로수 배수시스템 적용

Glazing Pocket에서 유리 끝단부분의 알루미늄 간봉에서 온도차이로 인한 내부 결로수 발생시 별도의 입 홀(Weep Hole)을 설치하여 외부로 배수하는 방법을 적용한다.

■ 그림 4-1. 일반적인 입홀(Weep Hole)의 구성

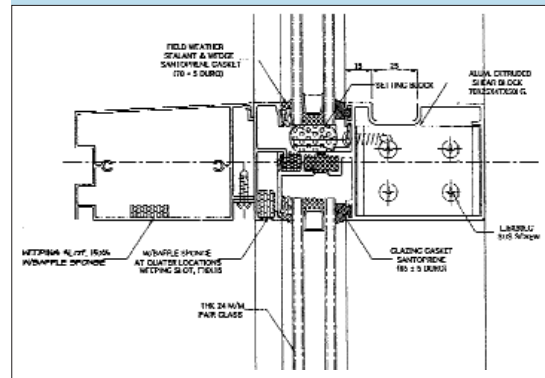


일반적으로 해당 트랜섬(Transom)에서 바로 배수하는 방식과 별도로 멀리온으로 유도하여 각종 하단으로 배수하는 방식이 있다.

2) 알루미늄바 실내 표면 결로수 처리 시스템 적용

실내에서의 수증기 발생 및 내외부 온도차에 의한 유리 및 알루미늄바에서 발생한 결로수를 실내측으로 유입되지 않도록 트랜섬에서 별도의 홈(Gutter)을 설치하여 결로수가 실내로 유입되지 않도록 한다. 별도로 멀리온에 드레인 홀(Drain Hole)을 설치하여 알루미늄바 내부 결로수와 함께 처리하는 방법도 시도할 수는 있으나 드레인 홀을 설치하게 되면 실내, 실외가 사실상 통하게 되므로 단열, 외부 소음의 유입 등의 문제가 발생할 수 있다.

■ 그림 4-2. 알루미늄바의 Gutter

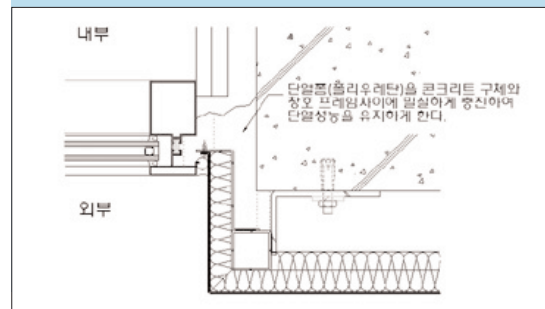


4-3. 이음 부분에서의 결로 방지 대책

1) 알루미늄 단창 측면부에 콘크리트 구체가 있을 경우

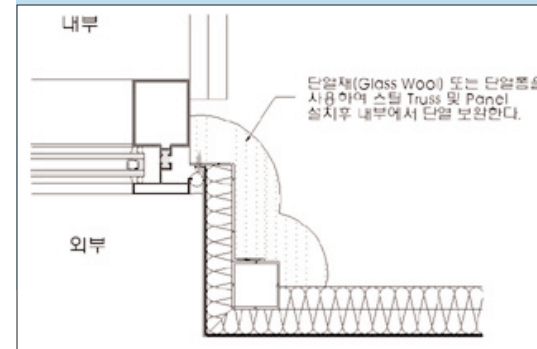
콘크리트 구체와 알루미늄 창호 Frame 사이를 단열 폼

■ 그림 4-3. 측면부에서의 결로 방지 방법



으로 밀실하게 충전하여 실내 습기를 차단하여 알루미늄 판넬 내부의 이슬점(Dew Point)을 낮춰 결로가 발생되지 않도록 한다.

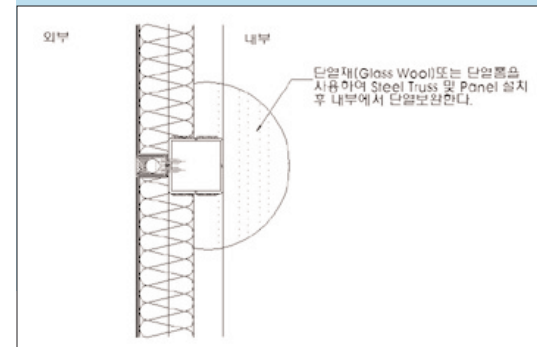
■ 그림 4-4. 단면 결손부의 단열 보완(수평 부분)



2) 알루미늄 단창 측면부 판넬 구간이 건식으로 마감될 경우

단열 결손이 되어 있는 Steel Pipe의 수직, 수평부위를 아래 그림과 같이 단열재(GLASS WOOL) 또는 단열폼을 사용하여 단열결손을 보완한다.

■ 그림 4-4. 단면 결손부의 단열 보완(수직 부분)



5 결론

설계적인 외벽 요소나 건식공사의 장점등 알루미늄 커튼월이 가지고 있는 장점이 많은 것은 사실이나, 지금까지 살펴본 바와 같이 결로 문제는 해결해야 할 과제이다. Mock-up 실험 결과는 문제가 없다고 하더라도 실제 시공 시에는 제품의 특성 및 시공상 결함 등에 따라 결로가 발생

할 수 있음을 염두해 두어야 한다. 이러한 문제는 철저한 품질관리와 정확한 시공만이 해결해 줄 수 있을 것으로 판단된다.

◎ 참고자료

1. Posco건설, Posco건설 시공기준,
2. Full-Tech Co.Ltd, 빌딩 커튼월의 주요 엔지니어링
3. 대우건설, 건축시공기술표준,
4. 쌍용건설 기술개발부, 2004년도 설계 및 기술지원 사례집
5. 윌러스, ALUMINUM CURTAIN WALL (시형소 MOCK-UP TEST 보고서), 2003
6. 김광우 외 3인, 경량 커튼월 외피구조의 표면 결로 방지에 관한 연구, 대한건축학회, 2004.4

